

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2003218017
PUBLICATION DATE : 31-07-03

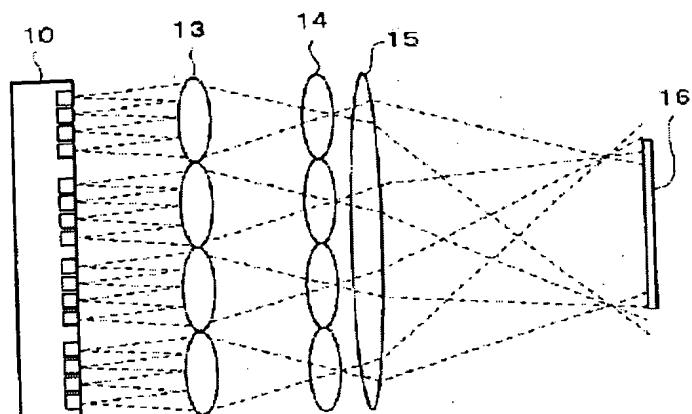
APPLICATION DATE : 25-01-02
APPLICATION NUMBER : 2002017060

APPLICANT : RICOH CO LTD;

INVENTOR : TAKIGUCHI YASUYUKI;

INT.CL. : H01L 21/027 G02B 19/00 G02B 27/00
G03B 21/00 G03B 21/14 G03F 7/20

TITLE : LASER LIGHTING OPTICAL SYSTEM,
ALIGNER USING THE SAME, LASER
PROCESSING DEVICE, AND
PROJECTION DEVICE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser lighting optical system which is equipped with a laser array light source and fly's-eye lens and capable of improving an irradiated part in illuminance uniformity, even in a case in which an irradiated part is hard to be improved in illuminance uniformity when the number of divides of the split fly's-eye lens is the divisor of the number of laser arrays.

SOLUTION: This laser lighting optical system is composed of, at least, a laser array light source 10 and a fly's-eye lens integrator in vehicle the number of divides of the fly's-eye lenses 13 and 14 is the divisor of the number of laser arrays in the direction of the laser array. Light of the laser array light source 10 impinging on each lens of the fly's-eye lenses 13 and 14 is different from each other in phase in profile, the periodic structure of the laser arrays and the size of the fly's-eye lenses are determined under the prescribed condition, so that an irradiated part 16 can be set uniform in illuminance even under the condition that the number of divisions of the fly's-eye lenses is the divisor of the number of laser arrays.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-218017
(P2003-218017A)

(43)公開日 平成15年7月31日(2003.7.31)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト(参考)
H 01 L 21/027		G 02 B 19/00	2 H 05 2
G 02 B 19/00		G 03 B 21/00	E 2 H 09 7
27/00		21/14	A 5 F 04 6
G 03 B 21/00		G 03 F 7/20	5 0 1
21/14		H 01 L 21/30	5 1 5 D
	審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全13頁) 最終頁に続く		

(21)出願番号 特願2002-17060(P2002-17060)

(22)出願日 平成14年1月25日(2002.1.25)

(31)優先権主張番号 特願2001-351668(P2001-351668)

(32)優先日 平成13年11月16日(2001.11.16)

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 宮垣 一也

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(72)発明者 逢坂 敬信

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(74)代理人 100067873

弁理士 横山 亨 (外1名)

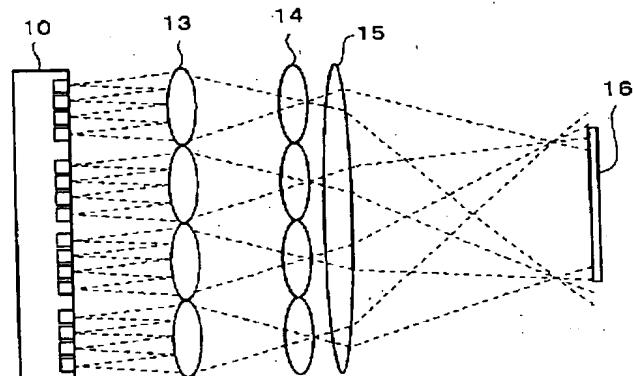
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザ照明光学系及びそれを用いた露光装置、レーザ加工装置、投射装置

(57)【要約】

【課題】レーザアレイ光源とフライアイレンズを有し、従来、照度均一化が困難であったフライアイレンズの分割数がレーザアレイ数の約数のときにも、被照射部での照度均一性を高めることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。

【解決手段】本発明は、少なくともレーザアレイ光源10と、フライアイレンズ13、14のレーザアレイ方向の分割数がレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレータで構成されるレーザ照明光学系であって、フライアイレンズ13、14の各アレイに入射されるアレイ光のプロファイルの位相が各々異なることを特徴とするので、レーザアレイの周期構造とフライアイレンズの大きさを所定の条件にすることで、フライアイレンズの分割数がレーザアレイ光のアレイ数の約数の条件でも被照射部16での照度の均一化を図ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくともレーザアレイ光源と、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数がレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレータで構成されるレーザ照明光学系であって、前記フライアイレンズの各アレイに入射されるアレイ光のプロファイルの空間的な位相が各々異なることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項2】周期的に配列されたレーザアレイ光源とフライアイレンズインテグレータで構成されるレーザ照明光学系であって、レーザアレイ光源は、周期的に配置された非点灯発光部を備え、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数が点灯させるレーザアレイ数の約数であることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項3】請求項1または2記載のレーザ照明光学系において、

前記レーザアレイ光源と前記フライアイレンズの間に配置され該フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を有することを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項4】レーザアレイ光源と、コリメートレンズアレイと、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数が点灯しているレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレータと、前記コリメートレンズアレイと前記フライアイレンズの間に配置され該フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を有することを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項5】請求項1、3または4記載のレーザ照明光学系において、

前記フライアイインテグレータは、シリンドリカルレンズアレイとシリンダーレンズで構成され、レーザアレイに直交方向の光束は、光源とフライアイインテグレータの間に配置される変調ピッチのホログラム素子で均一化されることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項6】請求項1、3または4記載のレーザ照明光学系において、

前記フライアイインテグレータは、フライアイレンズに代えて同機能のホログラム素子で構成され、レーザアレイに直交方向の光束は、光源とフライアイインテグレータの間に配置される変調ピッチのホログラム素子で均一化されることを特徴とするレーザ照明光学系。

【請求項7】請求項1～6のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、投影レンズを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項8】請求項1～6のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、レンズを備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項9】請求項1～6のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、色合成手段と、空間変調器と、投射レンズを備えたことを特徴とする投射装置。

【請求項10】請求項9記載の投射装置において、色合成手段と空間変調器の間にフライアイインテグレータを配置したことを特徴とする投射装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザを光源として被照射部における照度を均一化したレーザ照明光学系と、それを用いた露光装置、レーザ加工装置、投射装置に関する。

【0002】

【従来の技術】レーザを光源とした投射装置は、レーザの発振スペクトルが狭いために色純度の高い投射が期待される。その一方で、レーザは干渉性が高いため、光束を分割してから合成すると干渉縞が発生することがある。例えば、一本のレーザビームを通常のフライアイレンズ光学系で照度均一化すると、被照射部で干渉縞が見られる。また、例えば特開平8-94839号公報に記載のホログラム素子では、レーザビームの一部分を被照射部で重ね合わせており、干渉を小さく抑える構成を開示しているが、上記公報の構成でも干渉縞がなくなるわけではない。

【0003】一方、比較的小型で光出力の高いレーザ光源としてレーザアレイ光源（特に半導体レーザアレイ光源）が期待されており、このレーザアレイ光源とフライアイレンズ等を組み合わせることにより被照射部における照度を均一化したレーザ照明光学系を構成することが可能である。また、レーザアレイ光源とフライアイレンズを組み合わせる場合、フライアイレンズの分割数がレーザアレイ数の約数以外の数を選ぶことによって照度の均一化が可能である。

【0004】しかしながら、フライアイレンズの分割数としてレーザアレイ数の約数以外の数を選んだ場合、レーザアレイ数によっては、大きい数になってしまふことがあり、設計の自由度が低くなるという不具合があった。すなわち、レーザアレイ光源とフライアイレンズ等を組み合わせる場合、フライアイレンズの分割数として、レーザアレイ数の約数となる分割数で照度の均一化ができれば、レーザ照明光学系の設計の自由度を高くすることができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、レーザアレイ光源とフライアイレンズ等を組み合わせたレーザ照明光学系において、従来、照度均一化が困難であったフライアイレンズの分割数がレーザアレイ数の約数のときに、被照射部での照度均一性を高めることを目的とする。

【0006】より詳しくは、請求項1、2、3に係る発明は、レーザアレイ光源とフライアイレンズを有し、従来、照度均一化が困難であったフライアイレンズの分割数が点灯しているレーザアレイ数の約数のときにも、被

照射部での照度均一性を高めることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。また、請求項4に係る発明は、半導体レーザアレイ光源とフライアイレンズを有し、従来、照度均一化が困難であったフライアイレンズの分割数が点灯しているレーザアレイ数の約数のときにも、被照射部でレーザアレイ方向の照度均一性を高めることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。

【0007】さらに請求項5に係る発明は、従来、照度均一化が困難であったフライアイレンズの分割数がレーザアレイ数の約数のときにも、被照射部でレーザアレイ方向の照度均一性を高めることができ、かつ、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能を向上させることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。また、請求項6に係る発明は、フライアイレンズに代えてホログラム素子を用い、その分割数がレーザアレイ数の約数のときにも、被照射部でレーザアレイ方向の照度均一性を高めることができ、かつ、レーザアレイ光源のアレイ垂直方向の光束に起因する干渉縞を減らし、被照射部への照明性能を向上させ、さらに、光学系の小型化を図ることができるレーザ照明光学系を提供することを目的とする。

【0008】請求項7に係る発明は、照明光学系の照度が均一で、レチクルなどへの照明性能の良好な露光装置を提供することを目的とする。また、請求項8に係る発明は、照明光学系の照度が均一で、照度均一性が高いレーザ加工装置や、さらには干渉縞がないレーザ加工装置を提供することを目的とする。さらに請求項9に係る発明は、照明光学系の照度が均一で、空間変調器（ライトバルブ）上の照明性能が良好な投射装置、さらには干渉縞が発生しない投射装置を提供することを目的とする。また、請求項10に係る発明は、請求項9の目的に加えて、照明光学系の小型化を図ることができる投射装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1記載のレーザ照明光学系は、少なくともレーザアレイ光源と、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数がレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレータで構成されるレーザ照明光学系であって、前記フライアイレンズの各アレイに入射されるアレイ光のプロファイルの空間的な位相が各々異なることを特徴とするものである。また、請求項2記載のレーザ照明光学系は、周期的に配列されたレーザアレイ光源とフライアイレンズインテグレータで構成されるレーザ照明光学系であって、レーザアレイ光源は、周期的に配置された非点灯発光部を備え、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数が点灯させるレーザアレイ数の約数であることを特徴とするものである。また、請求項3記載のレ

ーザ照明光学系は、請求項1または2の構成に加えて、前記レーザアレイ光源と前記フライアイレンズの間に配置され該フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を有することを特徴とするものである。

【0010】請求項4記載のレーザ照明光学系は、半導体レーザアレイ光源と、コリメートレンズアレイと、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数が点灯しているレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレータと、前記コリメートレンズアレイと前記フライアイレンズの間に配置され該フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を有することを特徴とするものである。

【0011】請求項5記載のレーザ照明光学系は、請求項1、3または4の構成において、前記フライアイインテグレータはシリンドリカルレンズアレイとシリンドーレンズで構成され、レーザアレイに直交方向の光束は、光源とフライアイインテグレータの間に配置される変調ピッチのホログラム素子で均一化されることを特徴とするものである。また、請求項6記載のレーザ照明光学系は、請求項1、3または4の構成において、前記フライアイインテグレータは、フライアイレンズに代えて同機能のホログラム素子で構成され、レーザアレイに直交方向の光束は、光源とフライアイインテグレータの間に配置される変調ピッチのホログラム素子で均一化されることを特徴とするものである。

【0012】請求項7記載の露光装置は、請求項1～6のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、投影レンズを備えたことを特徴とするものである。また、請求項8記載のレーザ加工装置は、請求項1～6のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、レンズを備えたことを特徴とするものである。

【0013】請求項9記載の投射装置は、請求項1～6のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、色合成手段と、空間変調器（ライトバルブ）と、投射レンズを備えたことを特徴とするものである。また、請求項10記載の投射装置は、請求項9の構成に加えて、色合成手段と空間変調器の間にフライアイインテグレータを配置したことを特徴とするものである。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係るレーザ照明光学系及びそれを用いた露光装置、レーザ加工装置、投射装置の構成、動作及び作用を、図示の実施例に基づいて詳細に説明する。

【0015】（実施例1）まず、請求項1に係る発明の実施例について説明する。図1は請求項1に係る発明の一実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。このレーザ照明光学系は、複数の発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源10と、第1フライアイレンズ13と第2フライアイレンズ14及びコンデンサ

レンズ15からなりフライアイレンズ13、14のレーザアレイ方向の分割数がレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレータとで構成されており、レーザアレイ光源10から発振された複数のレーザビームをフライアイインテグレータ13～15を介して被照射部16を照明する。この被照射部16は均一化された光束が照射される部分であり、露光装置では露光用マスク（レチクル）が、投射装置では空間光変調器（所謂ライトバルブ）がこの被照射部に該当する。

【0016】レーザアレイ光源10には、半導体レーザ等のレーザ発振部（発光部）がアレイ状に配列されたタイプのものやストライプ型のレーザなどを好適に用いることができる。フライアイインテグレータを構成する第1フライアイレンズ13、第2フライアイレンズ14は、レーザアレイの方向と同方向にアレイ状に球面や円筒状レンズを配置してなるもので、例えばシリンドリカルレンズアレイからなり、第1フライアイレンズ13は入射光束をレンズアレイ数の光束に分割し、かつ第2フライアイレンズ14の各レンズに集光させる働きをする。第2フライアイレンズ14は第1フライアイレンズで集光した像を屈折させ、できるだけ被照射部16上に光束を集めの働きをする。

【0017】フライアイインテグレータの第2フライアイレンズ14の出射側光路上に配置されたコンデンサレンズ15は例えばシリンドリカルレンズからなり、このコンデンサレンズ15は、所定の位置に配されている被照射部16をより均一に照明するために設けられているもので、第2フライアイレンズ14からの出射光を被照射部16に集光することにより、光の利用効率を高くすることができ、かつ照度ムラをなくして均一性を向上させることができるようにしたものである。すなわち、第1、第2のフライアイレンズ13、14によってレンズアレイ方向の光強度が均一化されているが、コンデンサレンズ15が無い場合には、被照射部16を照明しないアレイ光が生じるとともに、被照射部16におけるアレイ光の重なりかたによっては、照度ムラが生じる可能性があるが、本実施例においては、コンデンサレンズ（シリンドリカルレンズ）15によって、第1、第2のフライアイレンズ13、14のレンズアレイ方向（レーザアレイ方向）の光束を被照射部16に集光するように設定することにより、被照射部16における均一照明を実現している。

【0018】本実施例では、上記フライアイインテグレータを構成するフライアイレンズ13、14のレーザアレイ方向の分割数は、レーザアレイ光源10のレーザ発振部（発光部）のアレイ数の約数である。図1の例ではレーザアレイ数を16、フライアイレンズ13、14のレーザアレイ方向の分割数を4としている。尚、これは一例であって、約数の関係が成立すればその他の組合せでもよい。また、本実施例では、フライアイレンズ1

3、14の各アレイ（各レンズ部）に入射されるレーザアレイ光のプロファイルの空間的な位相が各々異なることを特徴としている。

【0019】ここで、レーザアレイ光源10の各発光部の配置とフライアイレンズ13、14の関係を図3を使って説明する。図3は図1に示すレーザ照明光学系の第1フライアイレンズ13に入射されるレーザアレイ光のプロファイルを示している。レーザアレイ光源10の各発光部からのレーザ光はガウシアンプロファイルでビームの直径がPで4個ずつ周期的に配置され、Pだけ隙間があつて次の4個が配置される。別の表現をすれば、5Pの周期の中で4個のレーザプロファイルがあることになる。従って第1フライアイレンズ13の各アレイ（各レンズ部）の長さは19P/4とする。このような構成によって、第1フライアイレンズ13に入射するレーザ光のプロファイルはP/4ずつ位相がずれることになる。第1フライアイレンズ13と被照射部16は共役の関係にあるため、被照射部16でもP/4ずつ位相がずれてガウシアンプロファイルアレイが加算される。フライアイレンズの4分割された各アレイ（各レンズ部）を通過したレーザアレイ光（アレイ1～4）の強度分布と被照射部16上で加算された強度分布は図6のようになり、被照射部16上の照明強度が均一化される。

【0020】（実施例2）次に請求項2に係る発明の実施例について説明する。図2は請求項2に係る発明の一実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。このレーザ照明光学系は、複数の発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源11と、第1フライアイレンズ13と第2フライアイレンズ14及びコンデンサレンズ15からなる。ただし、レーザアレイ光源11は、実施例1とは異なり、隣接レーザとの間隔がすべて同じであるが、周期的に点灯させない発光部があるよう駆動する。すなわち、レーザアレイ光源11は、周期的に配置された非点灯発光部を備えている。図2では一例としてレーザアレイ光源11の5個の発光部11a～11eを一組として、その中の1つの発光部11eを非点灯としている。フライアイレンズ13、14は、レーザアレイ方向の分割数が点灯させるレーザアレイ数の約数となるように構成されており、レーザアレイ光源11から発振された複数のレーザビームをフライアイインテグレータ13～15を介して被照射部16を照明する。この被照射部16は均一化された光束が照射される部分であり、露光装置では露光用マスク（レチクル）が、投射装置では空間光変調器（所謂ライトバルブ）がこの被照射部に該当する。レーザアレイ光源11には、レーザ等のレーザ発振部（発光部）がアレイ状に配列されたタイプのものやストライプ型のレーザなどを好適に用いることができる。フライアイインテグレータの働きは実施例1で説明した通りであるので説明を省略する。

【0021】本実施例では、レーザアレイ光源11の点

灯させたレーザ光はガウシアンプロファイルでビームの直径がPで4個ずつ周期的に配置され、Pだけ隙間があって次の4個が配置される。別の表現をすれば、5Pの周期の中で4個のレーザプロファイルがあることになる。従って、図3に示すように、第1フライアイレンズ13の各アレイ（各レンズ部）の長さは $19P/4$ とする。このような構成によって、第1フライアイレンズ13に入射するレーザ光のプロファイルはP/4ずつ位相がずれることになる。第1フライアイレンズ13と被照射部16は共役の関係にあるため、被照射部16でもP/4ずつ位相がずれてガウシアンプロファイルアレイが加算される。フライアイレンズの4分割された各アレイ（各レンズ部）を通過したレーザアレイ光（アレイ1～4）の強度分布と被照射部16上で加算された強度分布は図6のようになり、被照射部16上の照明強度が均一化される。

【0022】（実施例3）次に請求項3に係る発明の実施例について説明する。図4は請求項3に係る発明の第1の実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。このレーザ照明光学系は、レーザアレイ光源11と、複数の平行平板12a, 12c, 12dと、フライアイインテグレータ13, 14, 15で構成されており、16は被照射部を示している。すなわち、図4に示す構成は、図1の構成に加えて、レーザアレイ光源11とフライアイインテグレータ13, 14, 15の間に透明部材からなる複数の平行平板12a, 12c, 12dを配置し、複数の平行平板12a, 12c, 12dでフライアイレンズ13, 14のアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を構成したものである。尚、フライアイインテグレータ13, 14, 15の構成及び機能（動作）は実施例1と同様である。

【0023】本実施例では、動作説明のためにレーザアレイ光源11のレーザアレイ数を実施例1（図1）と同様に16個、第1、第2フライアイレンズ13, 14のレーザアレイ方向の分割数を4とする。通常のフライアイインテグレータで構成すると第1フライアイレンズ13の一つのアレイ（レンズ部）には図5に示すようなプロファイル（強度分布）の4個のレーザアレイ光が入射される。第1フライアイレンズ13の全てのアレイ（レンズ部）には図5と同じプロファイルの光が入射されるため、被照射部16では図5のプロファイルが4つ同相で積算されることになり、照度ムラが発生する。

【0024】そこで本実施例では、図4に示すようにレーザアレイ光源11と第1フライアイレンズ13の間に複数の平行平板12a, 12c, 12dを配置し、フライアイレンズ13のアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を設けている。この変位手段を構成する各々の平行平板12a, 12c, 12dは所定の傾斜角で配置され、所定の厚さを持つも

のとする。例えば、レーザアレイ光の一本のビーム径Pが1mmとすると、フライアイレンズ13の分割数は4であるので、平行平板12a, 12c, 12dによる光の変位量は $1/4=0.25$ [mm] ずつとする。具体例としては、下記の表1に示すような傾斜角と厚さの平行平板12a, 12c, 12dを配置させる。ただし、平行平板12a, 12c, 12dの屈折率は1.52とした。

【0025】

【表1】

平行平板	12a	12c	12d
傾斜角[°]	20	-20	-20
厚さ[mm]	2	2	4
変位量[mm]	0.25	-0.25	-0.50

【0026】尚、表1では平行平板12a, 12c, 12dの傾斜方向と厚さで変位量を決めているが、下記の表2のように平行平板12a, 12c, 12dの厚さを同じにして傾斜角を各々変えても良い。

【0027】

【表2】

平行平板	12a	12c	12d
傾斜角[°]	20	-20	-36
厚さ[mm]	2	2	2
変位量[mm]	0.25	-0.25	-0.50

【0028】表1または表2に示す傾斜角と厚さの平行平板12a, 12c, 12dを用いて、レーザアレイ光の光路を変位させ、フライアイインテグレータ13, 14, 15で被照射部16を照明すると図6のような強度分布が得られる。すなわち第1フライアイレンズ13の各アレイ（各レンズ部）への入射光プロファイルは図6のアレイ1～アレイ4に示すような位相がずれた強度分布となるため、被照射部16で積算されると照度が均一化される。ただし、合成された光の周辺部は均一では無いため図6の矢印で示す領域が被照射部となるように設計することで均一性を確保できる。

【0029】次に図7は請求項3に係る発明の第2の実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。このレーザ照明光学系は、レーザアレイ光源11と、複数のホログラム素子41a, 41c, 41dと、フライアイインテグレータ13, 14, 15で構成されており、16は被照射部を示している。すなわち、図7に示す構成は、図4の構成の平行平板の代わりに、レーザアレイ光源11とフライアイインテグレータ13, 14, 15の間に複数のホログラム素子41a, 41c, 41dを配置し、複数のホログラム素子41a, 41c, 41dでフライアイレンズ13, 14のアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を構成したものである。尚、その他の構成は図4と同様である。

【0030】ホログラム素子41a, 41c, 41d

は、例えば透明な平行平板の表裏にレリーフ型ホログラムを作製し、表側で回折された光を裏側のホログラムで再度回折させる構成である。また、ホログラム素子41a, 41c, 41dへの入射光軸と出射光軸が平行となるようにし、変位量は第1の実施例で示した値と同じとする。この第2の実施例の構成でも、被照射部16での照度分布は図6のようになり、照度が均一化される。本実施例でホログラム素子41a, 41c, 41dは表裏にホログラムが設置されているが、入射光軸と出射光軸は平行にしなくても本発明の効果は得られる。従って、ホログラム素子は表裏のうちどちらか一方にホログラムを作製しても良い。

【0031】(実施例4) 次に請求項4に係る発明の実施例について説明する。図8は請求項4に係る発明の一実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。このレーザ照明光学系は、レーザ発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源51(例えば半導体レーザアレイ光源)と、コリメートレンズアレイ52と、フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段12と、フライアイインテグレータ13, 14, 15で構成されており、16は被照射部である。

【0032】フライアイインテグレータ13, 14, 15の構成及び機能(動作)は実施例1と同様である。変位手段12は、一例として、実施例3の第1実施例と同様に複数の平行平板12a, 12c, 12dを用いた場合を図示しているが、その他にも、実施例3の第2実施例と同様の複数のホログラム素子を用いた変位手段であっても良い。レーザアレイ光源51から出射される各レーザ光は全角で10~30°程度の広がり角で発散される。コリメートレンズアレイ52はこれらの発散ビームを平行光束化するように機能する。すなわちコリメートレンズアレイ52は、レーザアレイ光源51の発光部のアレイピッチと同じピッチでレンズがアレイ化されており、レーザアレイ光源51の各々の発光部から発散されるレーザ光を、各々対応するレンズでコリメートして平行光束化する。コリメートレンズアレイ52で平行光束化されたレーザビームは変位手段12によって所定のビームが所定の距離だけ変位される。

【0033】仮に、レーザアレイ光源51のアレイ数が16で、第1、第2フライアイレンズ13, 14の光源アレイ方向に沿った分割数が4の場合には、第1フライアイレンズ13の各アレイに図5と同様な4個のガウシアンプロファイルのアレイ光が入射される。従ってこの、ときの変位手段12(例えば複数の平行平板12a, 12c, 12d)による変位量は前述の表1または表2のようになり、実施例3で述べたように、第1フライアイレンズ13の各アレイ(各レンズ部)への入射光プロファイルは図6のアレイ1~アレイ4に示すような位相がずれた強度分布となるため、被照射部16で積算される

と照度が均一化される。このように、光源51をレーザアレイとしても、コリメートレンズアレイ52と変位手段12を用いることによって、フライアイレンズ13, 14の分割数が光源のアレイ数の約数であるという条件でも、被照射部16上での照度の均一化が可能である。
【0034】(実施例5) 次に請求項5に係る発明の実施例について説明する。図9は請求項5に係る発明の一実施例を示す図であって、(a)はレーザ照明光学系の概略平面構成図、(b)はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。このレーザ照明光学系は、レーザ発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源51(例えば半導体レーザアレイ光源)と、コリメートレンズアレイ52と、レーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段12と、レーザアレイに直交方向の光束を均一化させるホログラム素子61と、フライアイインテグレータ63, 64, 65で構成されており、16は被照射部である。尚、図9(a), (b)にはコリメートレンズアレイ52があるが、光源の広がり角が小さければ必ずしも必要ではない。また、変位手段12は、一例として、実施例3の第1実施例と同様の複数の平行平板12a, 12c, 12dを用いた場合を図示しているが、その他にも、実施例3の第2実施例と同様のホログラム素子を用いることも可能である。

【0035】本実施例のフライアイインテグレータはフライアイレンズ63, 64とコンデンサレンズ65からなり、実施例1と同様にシリンドリカルレンズ系で構成されており機能も同様のものである。すなわち、第1及び第2のフライアイレンズ63, 64はシリンドリカルレンズアレイであり、コンデンサレンズ65はシリンドリカルレンズである。そして図9(a)の紙面内に平行な光束がフライアイインテグレータで均一化され、被照射部16が均一照明される。図9(a)の紙面内の動作は実施例4で述べた動作と同様であり、第1フライアイレンズ63に入射されるレーザアレイ光が変位手段12によって所定の距離だけ変位され、被照射部16に照射されるプロファイルの位相が適宜ずれるため、照度が均一化される。

【0036】次にレーザアレイに直交方向の光束を均一化させるホログラム素子61について述べる。ホログラム素子61は、透過型振幅格子、透過型位相格子または透過型ブレーズ格子等により構成され、それぞれフォトレジストに干渉縞を焼き付けたり、機械的にダイヤモンドカッターでガラス板等の基板表面に溝を刻線する等して作製することができる。このホログラム素子61は、レーザアレイ光源51から発散されるレーザ光束のうち、一方向(格子溝のピッチ方向)のみの強度分布を格子によって変換させる働きを有する。本実施例では、ホログラム素子61の格子方向は図9(a)の紙面に平行で、格子ピッチはホログラム素子面内で異なっているので、レーザアレイに直交方向の光束を均一化させるよう

に機能する。このホログラム素子61の変調ピッチは、一例として図10に示すような格子ピッチで実現される。このような変調ピッチにガウシアンプロファイルのレーザビームが入射されると、光束の中心付近が広がり、ビームの周辺が圧縮されて均一化強度になる。図9(b)では光束の強度の強い光線は間隔を狭めて表しており、ホログラム素子61によってレーザアレイ光源51のレーザアレイに直交する方向の光線の方向が変わり、被照射部16で均一な照度が得られる。尚、フライアイインテグレータ63, 64, 65はシリンドリカルレンズ系で構成されているので、図9(b)のように、照明光学系の側面側からフライアイインテグレータを見ると単なる平板にすぎず、レーザアレイ光源51のレーザアレイに直交する方向の屈折作用は無い。

【0037】ホログラム素子61によるレーザアレイに直交方向の光束の照度均一化の過程では、フライアイインテグレータ63, 64, 65を用いて光束を分割し被照射部16で重ね合わせるといった場合にも干渉縞発生は起こらない。すなわち、ホログラム素子61により光束の密度(照度)を連続的に変えていくため干渉縞が出ない。このため、被照射部16の照度均一性は良好となる。尚、図9(a)においては、フライアイインテグレータ63, 64, 65を用いた光学系であるが、被照射部16で重ね合わされる光どうしはレーザアレイ光源51の別々の光共振部(レーザ発光部)から出射した光であるため干渉しない。

【0038】(実施例6) 次に請求項6に係る発明の実施例について説明する。図11は請求項6に係る発明の実施例を示す図であって、(a)はレーザ照明光学系の概略平面構成図、(b)はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。このレーザ照明光学系は、レーザ発光部がアレイ状に配列されたレーザアレイ光源51(例えば半導体レーザアレイ光源)と、コリメートレンズアレイ52と、レーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段12と、レーザアレイに直交方向の光束を均一化させるホログラム素子61と、フライアイインテグレータ機能を有するホログラム素子62で構成されており、16は被照射部である。

【0039】本実施例のレーザ照明光学系は、図9に示した構成のレーザ照明光学系のフライアイインテグレータ(フライアイレンズとコンデンサレンズ)に代えて、該フライアイインテグレータと同じ機能を持つホログラム素子62を用いたものであり、その他のレーザアレイ光源51、コリメートレンズアレイ52、変位手段12、ホログラム素子61の構成、動作は実施例5と同様であるので、これらの説明は省略する。

【0040】フライアイインテグレータとしてのホログラム素子62は、図9(a)に示したフライアイレンズ系と同じ機能を持つので、図11(a)に示すように例えば16個の発光部を有するレーザアレイ光源51に対

してアレイ方向に4分割して用いるものとするなら、各領域からの回折光は被照射部16の全面を照らすように偏光され、かつ、拡大(場合によっては縮小)される。また、図9に示したようなフライアイレンズ系に比べれば、少なくともフライアイレンズ間隔(第1フライアイレンズ63から第2フライアイレンズ64までの間隔)を縮めることができる。このため、光学系を小型にすることができる。

【0041】(実施例7) 次に請求項7に係る発明の実施例について説明する。図12は請求項7に係る発明の一実施例を示す露光装置の概略構成図であり、図中の符号100はレーザアレイ光源(または半導体レーザアレイ光源)、101は実施例1~6(請求項1~請求項6)のうちのいずれか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系、102は被照射部であるレチクル、103は投影レンズ、104は基板ステージである。

【0042】本実施例の露光装置では、レーザアレイ光源100からのレーザアレイ光は、実施例1~6(請求項1~請求項6)のうちのいずれか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系101によって被照射部であるレチクル102上で均一放射照度となる。レチクル102は半導体デバイスの製作工程でウエハー上に回路パターンを露光するために使用される露光用マスクのことであり、レチクル102のパターンは投影レンズ103によって基板ステージ104上に置かれたウエハーに露光される。また、基板ステージ104で露光位置を調整し、ウエハーの所望の位置を露光する。

【0043】尚、レーザ照明光学系101として、実施例1~4(請求項1~4)のうちのいずれか一つで説明した構成のレーザ照明光学系を用いた場合には、レチクル面上で均一照明が可能であり、また、実施例5, 6(請求項5, 6)で説明したレーザ照明光学系を用いた場合には、レーザアレイ光源100のアレイ直交方向の光束を変調ピッチのホログラム素子で均一化させるため、レチクル面上で干渉縞のない均一照明で露光を行うことができる。従って、照明性能がよく高性能な露光装置を実現することができる。

【0044】(実施例8) 次に請求項8に係る発明の実施例について説明する。図13は請求項8に係る発明の一実施例を示すレーザ加工装置の概略構成図であり、図中の符号100はレーザアレイ光源(または半導体レーザアレイ光源)、101は実施例1~6(請求項1~請求項6)のうちのいずれか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系、105はレンズ、106はワークである。

【0045】本実施例のレーザ加工装置では、レーザアレイ光源100からのレーザ光を実施例1~6(請求項1~請求項6)のうちのいずれか一つに記載のレーザ照明光学系で均一ビームに変換し、レンズ105でワーク106に縮小または拡大して照射される。集光スポット

ではワーク106の表面加工や切断加工ができる。また、レンズ105を投影レンズに置きかえるか、もしくは被照射部を直接ワークとする配置では、ワーク106の広い範囲にわたって均一照明できるため、レーザアニールとしても利用できる。

【0046】尚、レーザ照明光学系101として、実施例1～4（請求項1～4）のうちのいずれか一つで説明した構成のレーザ照明光学系を用いた場合には、ワーク上で均一照明でき、また、実施例5、6（請求項5、6）で説明したレーザ照明光学系を用いた場合には、レーザアレイ光源100のアレイ直交方向の光束を変調ピッチのホログラム素子で均一化させるため、ワーク上で干渉縞が発生しない。このため、良好なレーザ加工やレーザアニールを行うことができる。

【0047】（実施例9）次に請求項9に係る発明の実施例について説明する。図14は請求項9に係る発明の一実施例を示す投射装置の概略構成図である。本実施例の投射装置は、レーザアレイ光源100r、100g、100bと、実施例1～6（請求項1～請求項6）のうちのいずれか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系110r、110g、110bと、色合成手段113と、空間変調器（ライトバルブ）114と、投射レンズ115で構成されている。また、符号116はフィールドレンズで、ライトバルブ114からの画像光を効率良く投射レンズ瞳に入れるために用いるが、必ずしも必要ではない。尚、色合成手段113としてはダイクロイックプリズムやダイクロイックミラーを用いることができる。

【0048】本実施例では、レーザ照明光学系110r、110g、110bは、例えばホログラム素子111r、111g、111bとフライアイインテグレータ112r、112g、112bで構成されている。すなわち本実施例では、実施例5（または実施例6）で述べたような変調ピッチのホログラム素子111r、111g、111bでレーザアレイ光源100r、100g、100bのアレイ直交方向の強度分布を変換し、アレイ方向はフライアイインテグレータ（フライアイレンズとコンデンサレンズ、あるいはフライアイインテグレータの機能を持つホログラム素子）112r、112g、112bで照度均一化させる。このレーザ照明光学系110r、110g、110bを使えば被照射部であるライトバルブ114面で干渉縞が発生しない。また、光源100r、100g、100bとホログラム素子111r、111g、111bの間にコリメートレンズアレイを用いても良い。また、ホログラム素子111r、111g、111bを使用せず、フライアイインテグレータ112r、112g、112bでレーザアレイ光源100r、100g、100bのアレイ方向とアレイ直交方向とを均一化させても良い。

【0049】レーザ照明光学系110r、110g、1

10bからの光束は色合成手段113に入射し、色合成手段113で赤（R）、緑（G）、青（B）の3色のレーザ光が合成される。この3色の合成光でライトバルブ114が照明され、ライトバルブ114で空間変調された画像は投射レンズ115でスクリーン（図示を省略）に投影される。ライトバルブ114としては例えば液晶素子を用いることができる。また、図14では透過型のライトバルブを図示しているが、反射型のライトバルブを用いて照明光と投射光を偏光ビームスプリッタで分岐するように構成しても良い。

【0050】また、本実施例では単板のライトバルブ114を使っているが、3つのライトバルブを使うようにしても良い。図示しないが、3板式の場合には、一つのレーザアレイ光源とレーザ照明光学系の被照射部にライトバルブを配置し、3つのライトバルブからの画像光を色合成手段（例えばダイクロイックプリズム）で合成して投射レンズでスクリーンに投影させる。

【0051】本実施例の投射装置では、光源がレーザアレイ光源であるため、個々のレーザパワーが小さくてもアレイ数を多くすることにより高出力にできる。また、本実施例のように、レーザアレイ光源のレーザアレイ直交方向の光束を変調ピッチのホログラム素子111r、111g、111bで強度分布を変換させる場合、ライトバルブ114上で干渉縞の発生しない均一照明ができるため、明るくて表示品質の高い投射装置を実現することができる。

【0052】（実施例10）次に請求項10に係る発明の実施例について説明する。図15は請求項10に係る発明の一実施例を示す投射装置の概略構成図である。本実施例の投射装置は、レーザアレイ光源100r、100g、100bと、実施例1～6（請求項1～請求項6）のうちのいずれか一つに記載の構成を用いたレーザ照明光学系（ホログラム素子111r、111g、111b、フライアイインテグレータ112）と、色合成手段113と、ライトバルブ114と、投射レンズ115で構成されている。また、符号116はフィールドレンズで、ライトバルブ114からの画像光を効率良く投射レンズ瞳に入れるために用いるが、必ずしも必要ではない。尚、色合成手段113としては、ダイクロイックプリズムやダイクロイックミラーを用いることができる。

【0053】本実施例では、レーザ照明光学系は、三つのホログラム素子111r、111g、111bと一つのフライアイインテグレータ（例えばフライアイレンズ系、あるいはフライアイレンズ系の機能を有するホログラム素子）112からなるが、フライアイインテグレータ112は、色合成手段113で赤（R）、緑（G）、青（B）の3色のレーザ光を合成した後の光路に配置している。本実施例の構成によって、フライアイインテグレータ112が1組で足りるため装置の部品点数を減らすことができ、装置も小型にすることができる。

【0054】本実施例の投射装置では、光源がレーザアレイ光源であるため、個々のレーザパワーが小さくてもアレイ数を多くすることにより高出力にできる。また、本実施例のように、レーザアレイ光源のレーザアレイ直交方向の光束を変調ピッチのホログラム素子111r、111g、111bで強度分布を変換させる場合、ライトバルブ上で干渉縞の発生しない均一照明ができるため、明るくて表示品質の高い投射装置を実現することができる。さらに、本実施例では、フライアイインテグレータ112を共通化させたため、部品点数が少なくなり、低コストで小型の投射装置を実現することができ

【0055】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1記載のレーザ照明光学系では、少なくともレーザアレイ光源と、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数がレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレータで構成されるレーザ照明光学系であって、前記フライアイレンズの各アレイに入射されるアレイ光のプロファイルの空間的な位相が各々異なることを特徴としている。レーザアレイの周期構造とフライアイレンズの大きさを所定の条件にすることで、フライアイレンズの分割数がレーザアレイ光のアレイ数の約数の条件でも、被照射部での照度の均一化を図ることができる。

【0056】請求項2記載のレーザ照明光学系では、周期的に配列されたレーザアレイ光源とフライアイレンズインテグレータで構成されるレーザ照明光学系であって、レーザアレイ光源は、周期的に配置された非点灯発光部を備え、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数が点灯させるレーザアレイ数の約数であることにより、フライアイレンズの分割数がレーザアレイ光のアレイ数の約数の条件でも、被照射部での照度の均一化を図ることができる。

【0057】請求項3記載のレーザ照明光学系では、請求項1または2の構成に加えて、前記レーザアレイ光源と前記フライアイレンズの間に配置され該フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を有することを特徴としている。フライアイレンズに入射されるレーザアレイ光を変位手段で変位させることにより、フライアイレンズの分割数がレーザアレイ光のアレイ数の約数の条件でも、被照射部での照度の均一化を図ることができる。

【0058】請求項4記載のレーザ照明光学系では、レーザアレイ光源と、コリメートレンズアレイと、フライアイレンズのレーザアレイ方向の分割数が点灯しているレーザアレイ数の約数であるフライアイインテグレータと、前記コリメートレンズアレイと前記フライアイレンズの間に配置され該フライアイレンズのアレイごとに入射されるレーザアレイ光を所定の距離だけ変位させる手段を有することを特徴としている。フライアイレンズに

入射されるレーザアレイ光を変位手段で変位させることにより、レーザアレイを用い且つフライアイレンズの分割数がレーザアレイ光のアレイ数の約数の条件でも、被照射部での照度の均一化を図ることができる。

【0059】請求項5記載のレーザ照明光学系では、請求項1、3または4の構成において、前記フライアイインテグレータはシリンドリカルレンズアレイとシリダーレンズで構成され、レーザアレイに直交方向の光束は、光源とフライアイインテグレータの間に配置される変調ピッチのホログラム素子で均一化されることを特徴としている。フライアイレンズに入射されるレーザアレイ光を変位させることで、フライアイレンズの分割数がレーザアレイ光のアレイ数の約数の条件でも、レーザアレイ方向の光束成分の照度を均一化でき、レーザアレイに垂直方向は変調ピッチのホログラム素子で照度分布を変換し均一化を図るため、被照射部で干渉縞が出ず良好な照明が可能になる。

【0060】請求項6記載のレーザ照明光学系では、請求項1、3または4の構成において、前記フライアイインテグレータは、フライアイレンズに代えて同機能のホログラム素子で構成され、レーザアレイに直交方向の光束は、光源とフライアイインテグレータの間に配置される変調ピッチのホログラム素子で均一化されることを特徴としている。請求項5と同様の効果が得られると共に、レーザアレイ方向の照度均一化と、アレイ直交方向の照度均一化を測る素子の両方をホログラム素子で構成するので、照明光学系を小さくすることが可能になる。

【0061】請求項7記載の露光装置では、請求項1～6のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、投影レンズを備えたことを特徴としている。フライアイインテグレータのアレイ数がレーザアレイ数の約数の条件でも良好な照明が可能な露光装置を実現することができる。

【0062】請求項8記載のレーザ加工装置では、請求項1～6のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、レンズを備えたことを特徴としている。フライアイインテグレータのアレイ数がレーザアレイ数の約数の条件でも良好な照明が可能なレーザ加工装置を実現することができる。

【0063】請求項9記載の投射装置では、請求項1～6のいずれか一つに記載のレーザ照明光学系と、色合成手段と、空間変調器（ライトバルブ）と、投射レンズを備えたことを特徴としている。フライアイインテグレータのアレイ数がレーザアレイ数の約数の条件でも良好な照明が可能で、色純度の高い投射装置を実現することができる。

【0064】請求項10記載の投射装置では、請求項9の構成に加えて、色合成手段と空間変調器の間にフライアイインテグレータを配置したことを特徴としている。フライアイインテグレータのアレイ数がレーザアレイ数の約数の条件でも良好な照明が可能で、色純度の高い投

射装置を実現でき、さらに、複数の光源に対してフライアイインテグレータを一つに共通化させることができるので、部品点数を減らすことができ、低コストで小型な投射装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1に係る発明の一実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。

【図2】請求項2に係る発明の一実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。

【図3】図1および図2に示すレーザ照明光学系の第1フライアイレンズに入射されるレーザアレイ光のプロファイルを示す図である。

【図4】請求項3に係る発明の第1の実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。

【図5】図4に示すレーザ照明光学系の第1フライアイレンズの一つのアレイ（レンズ部）に入射されるレーザアレイ光のプロファイルを示す図である。

【図6】図1、図2または図4に示すレーザ照明光学系のフライアイレンズの4分割された各アレイ（各レンズ部）を通過したレーザアレイ光（アレイ1～4）の強度分布と被照射部16上で加算された強度分布を示す図である。

【図7】請求項3に係る発明の第2の実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。

【図8】請求項4に係る発明の一実施例を示すレーザ照明光学系の概略平面構成図である。

【図9】請求項5に係る発明の一実施例を示す図であって、(a)はレーザ照明光学系の概略平面構成図、(b)はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。

【図10】図9に示すレーザ照明光学系に用いられるホログラム素子のホログラム面の位置と格子ピッチの関係を示す図である。

【図11】請求項6に係る発明の一実施例を示す図であって、(a)はレーザ照明光学系の概略平面構成図、(b)はレーザ照明光学系の概略側面構成図である。

【図12】請求項7に係る発明の一実施例を示す露光装置の概略構成図である。

【図13】請求項8に係る発明の一実施例を示すレーザ加工装置の概略構成図である。

【図14】請求項9に係る発明の一実施例を示す投射装置の概略構成図である。

【図15】請求項10に係る発明の一実施例を示す投射装置の概略構成図である。

【符号の説明】

10, 11：レーザアレイ光源

12：変位手段

12a, 12c, 12d：変位手段を構成する平行平板

13：第1フライアイレンズ

14：第2フライアイレンズ

15：コンデンサレンズ

16：被照射部

41a, 41c, 41d：変位手段を構成するホログラム素子

51：レーザアレイ光源

52：コリメートレンズアレイ

61：変調ピッチのホログラム素子

62：フライアイインテグレータ機能を有するホログラム素子

63：第1フライアイレンズ（シリンドリカルレンズアレイ）

64：第2フライアイレンズ（シリンドリカルレンズアレイ）

65：コンデンサレンズ（シリンドリカルレンズ）

100：レーザアレイ光源（または半導体レーザアレイ光源）

100r, 100g, 100b：レーザアレイ光源（または半導体レーザアレイ光源）

101：レーザ照明光学系

102：レチクル（露光用マスク）

103：投影レンズ

104：基板ステージ

105：レンズ

106：ワーク

110r, 110g, 110b：レーザ照明光学系

111r, 111g, 111b：ホログラム素子

112：フライアイインテグレータ

112r, 112g, 112b：フライアイインテグレータ

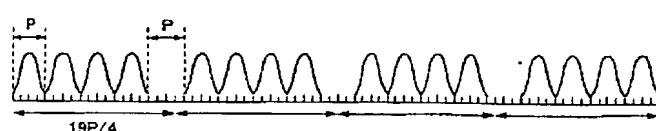
113：色合成手段

114：空間変調器（ライトバルブ）

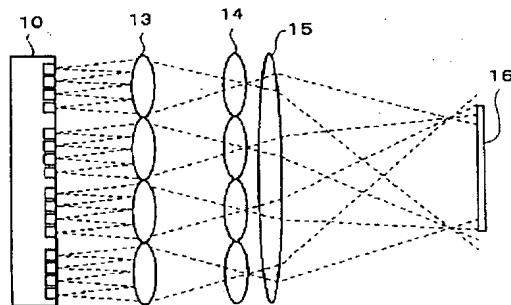
115：投射レンズ

116：フィールドレンズ

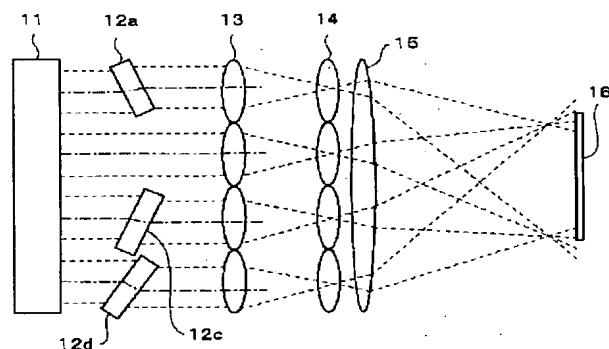
【図3】



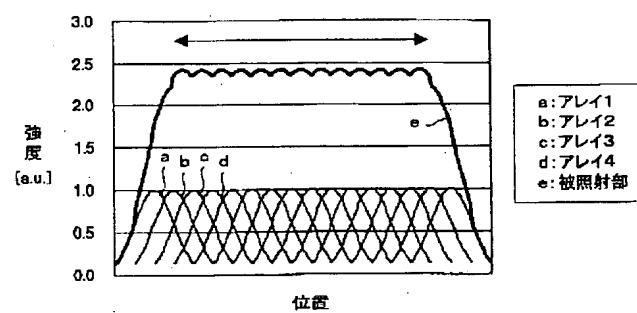
【図1】



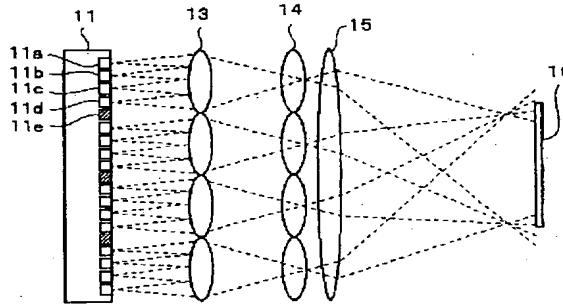
【図4】



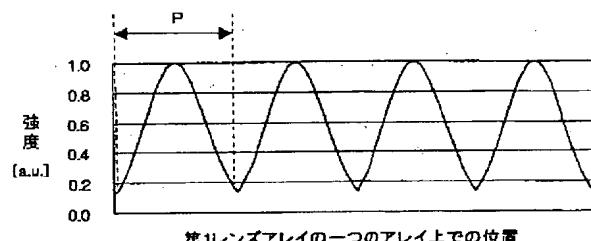
【図6】



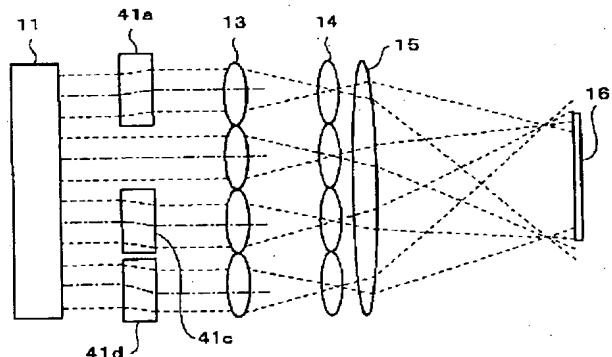
【図2】



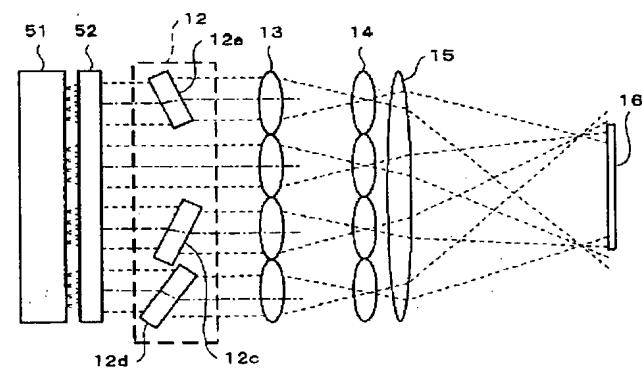
【図5】



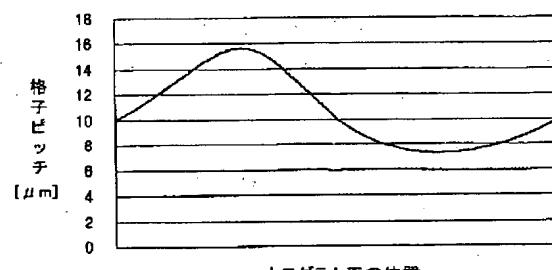
【図7】



【図10】

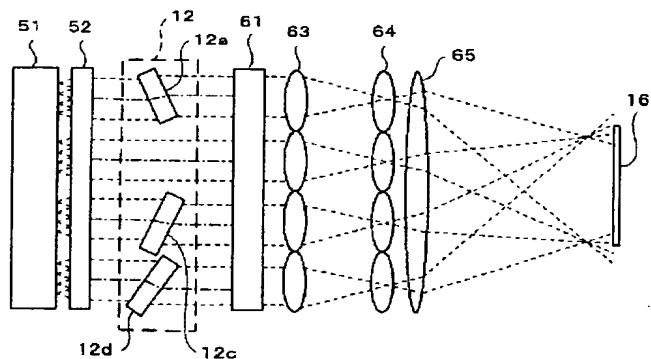


【図8】

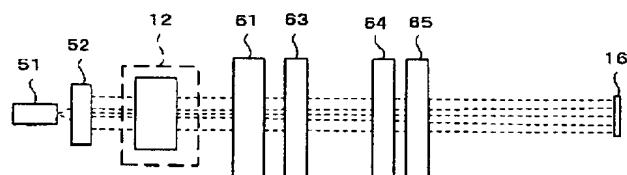


【図9】

(a)

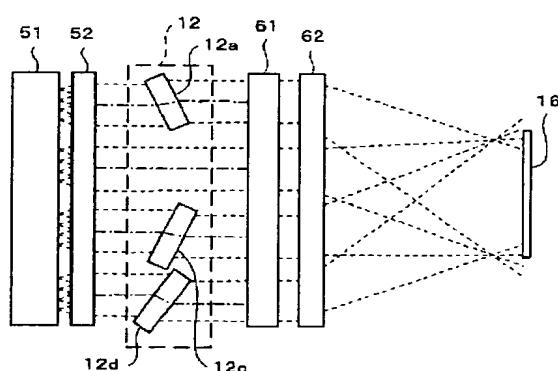


(b)

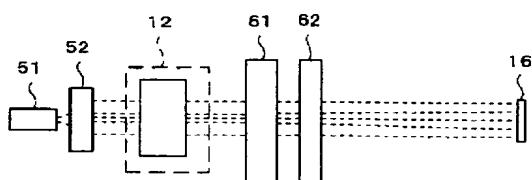


【図11】

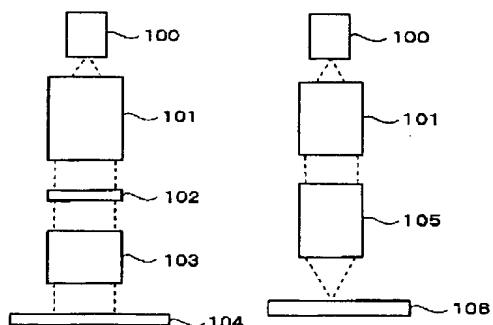
(a)



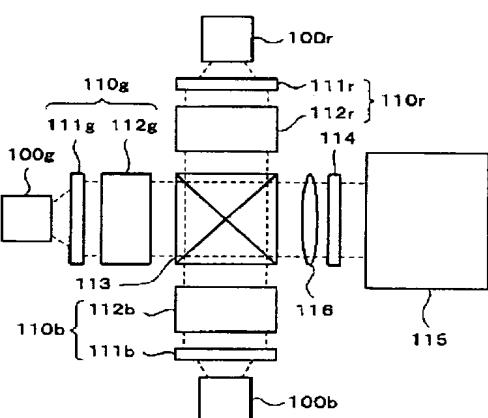
(b)



【図12】

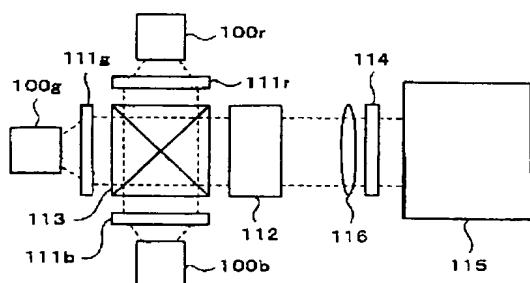


【図13】



【図14】

【図15】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷ G 03 F	7/20	識別記号 501	F I G 02 B	27/00	テ-マ-ド(参考) V
(72) 発明者 亀山 健司 東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式 会社リコー内			(72) 発明者 滝口 康之 東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式 会社リコー内		
(72) 発明者 加藤 幾雄 東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式 会社リコー内			F ターム(参考) 2H052 BA02 BA09 BA11 BA12 BA14 2H097 CA17 GB00 LA10 5F046 BA04 CA03 CA05 CB13 CB14 CB23		

THIS PAGE BLANK (USPTO)